ÉMISSION EXTRAGALACTIQUE D'ARCADE 2 ET MATIÈRE NOIRE VUES PAR LA THÉORIE DE LA RELATION

Russell Bagdoo

rbagdoo@yahoo.ca **v2**

En 2006, Alan Kogut et ses collègues du centre Goddard de la NASA, ayant mission de rechercher à l'aide d'Arcade 2, un ballon stratosphérique équipé d'un radiomètre sophistiqué, des signes de chaleur de la première génération d'étoiles, découvrirent plutôt le signal d'un rayonnement radio aussi intense que mystérieux dont aucun modèle physique ne prévoyait l'existence, et qui ne provient d'aucune des sources radio connues dans l'Univers. Ce bruit de fond cosmologique serait d'une intensité d'émissions synchrotron à un niveau estimé six fois plus élevé que les émissions de radio combinées de toutes les sources radio connues dans l'Univers. Notre hypothèse est que ce rayonnement radio de source extragalactique serait le résidu d'une énorme énergie qui jaillit peu après la recombinaison, amorçant la formation des premières étoiles et, simultanément, la réionisation. Dans le cadre de la théorie de la Relation, ce serait le vestige d'une brutale libération d'énergie provenant d'un *bang* relativiste, par le biais d'une transformation énergétique de Lorentz, qui comble un déficit énergie-matière et génère à la fois la naissance des étoiles primordiales et la réionisation des gaz neutres. Ce surplus de matière ordinaire remplacerait l'hypothétique matière noire froide théorisée comme étant la matière manquante primitive qui amorce les grandes structures.

Mots clés : Arcade 2 CMBR – Big Bang relativiste – *bang* relativiste – Transformation énergétique de Lorentz – Compensation matière noire froide (CCDR) – Statique cosmique – Fond diffus cosmologique (CBR) – Fond diffus cosmologique (CMB) à 3 kelvins (K)

1. INTRODUCTION

En 2006, Alan Kogut et ses collègues du Goddard Space Flight Center de la NASA, cherchant dans le ciel une trace de chaleur des premières populations d'étoiles formées il y a environ 13 milliards d'années, ont découvert un étrange bruit venu de l'espace, six fois plus important que ce à quoi ils s'attendaient [1]. Les chercheurs ont basé leurs conclusions sur les 2,5 heures de données recueillies lors du vol d'un ballon contenant sept radio récepteurs appelé Arcade 2 (Absolute Radiometer for Cosmology, Astrophysics, and Diffuse Emission) [2, 3]. Cet instrument fut conçu pour mesurer la température du fond diffus cosmologique dans le domaine radio centimétrique et pour chercher des anomalies par rapport au spectre de corps noir résultant des résidus d'énergie provenant de l'Univers primordial. Il couvrit environ 7 pour cent du ciel.

Les récepteurs radio d'Arcade adaptés au vol du ballon furent les premiers détecteurs capables d'identifier le bruit mystérieux des radiosignaux. Ils ont été refroidis à une température de seulement 2,7 degrés au-dessus du zéro absolu, la même température que le fond diffus cosmologique (CMB), afin que la chaleur de l'instrument ne contamine pas le signal cosmique. Aucun modèle physique n'avait prévu l'existence d'un frémissement si bruyant d'un radiosignal, et il ne provient d'aucune des sources radio connues dans l'Univers.

Le gros ballon rempli d'hélium lancé en juillet 2006 à Palestine, au Texas, par la Columbia Scientific Balloon Facility de la NASA vola à la limite de l'atmosphère de la Terre à une altitude de 36 km. L'objectif était de mesurer le spectre du fond diffus cosmologique (CMB) aux longueurs d'onde centimètre dans l'espoir de détecter la signature d'une formation d'étoile ou de décomposition de la matière de l'hypothétique matière noire qui constitue 25 pour cent de la nature et formerait l'armature des galaxies [4, 5, 6]. Lorsque les chercheurs récupérèrent l'instrument et analysèrent les résultats, au lieu des faibles signaux attendus, ce fut un véritable vacarme qu'avait enregistré le détecteur. Les chercheurs pensèrent d'abord à un problème de calibrage des appareils et vérifièrent leurs données pendant presque un an. Le bruyant signal s'imposant toujours, ils comparèrent les données recueillies par Arcade aux enregistrements rapportés par d'autres missions et retrouvèrent les signes du rayonnement. Les appareils des autres missions n'ayant pas l'étalonnage adéquat, il avait été caché, et ce fut un véritable coup de chance qui permit que le signal émergeât clairement dans la gamme de fréquences étudiées par Arcade.

Pendant de longs mois, les chercheurs américains formulèrent des hypothèses sur les sources radio connues dans l'Univers, sans succès [7]. Une première impliquait la magnétopause solaire, la frontière de la région dominée par le champ magnétique de notre étoile, qui nous envoie toutes sortes de rayonnements. Puisque la magnétopause n'est pas symétrique, l'émission aurait dû être très différente selon l'angle sous lequel on la regarde, ce qui n'est pas le cas. Une seconde regardait les radiogalaxies. En accélérant des électrons par leurs champs magnétiques, ces galaxies émettent des rayonnements radio en grande quantité. Les plus puissants ont été recensés, et même en ajoutant les plus discrètes, très nombreuses, leur luminosité accumulée est six fois moins intense que le signal d'Arcade. Un dernier candidat fut notre propre galaxie, la plus intense des sources radio. Les poussières, les atomes et les particules du milieu intergalactique, freinés par les gaz ou accélérés par les champs magnétiques, nous bombardent de rayonnement radio. Les émissions galactiques sont influencées par les champs électriques et magnétiques qui couvrent la Voie lactée, et même si cette influence est la même partout, le rayonnement observé serait encore trop intense pour venir de notre galaxie

Les chercheurs de la NASA n'ont encore aucune idée d'où peut provenir ce « statique cosmique », attendent que leurs données soient minutieusement examinées et misent sur des voies nouvelles. À ce jour, il n'y a aucune explication plausible à l'inclassable source radio observée, mais il est clair qu'elle est trop intense pour provenir de notre galaxie : elle serait extragalactique.

Dans ce papier, nous suggérons que le rayonnement inattendu détecté par Arcade 2 serait un fond cosmologique secondaire émanant d'un bang relativiste un peu moins de 100 millions d'années après le Big Bang, dont l'énergie aurait entraîné la naissance des étoiles primordiales et la réionisation des gaz neutres. Le papier est organisé comme suit : la section 2 montre qu'avec la simulation informatique, les astronomes croient déterminer, entre 30 et 100 millions d'années après le Big Bang, l'âge des premières étoiles. Ils postulèrent l'existence d'une matière noire gravitationnelle froide et exotique parce qu'il y avait trop peu de temps au début de l'expansion pour permettre une condensation de la matière. La théorie de la Relation suppose plutôt que le signal du rayonnement radio détecté par Arcade 2 est le

résidu d'une immense énergie primitive de matière ordinaire libérée par un *bang* relativiste, qui donna à la masse-énergie la gravité manquante pour activer la contraction. La section 3 souligne que, même si le début de l'histoire de la réionisation continue est considéré comme étant postérieur à la formation des étoiles primitives, nous pensons plutôt que les gaz neutres dans le milieu intergalactique furent réionisés en même temps que se formaient les premières étoiles, grâce à l'énergie amenée par le *bang* relativiste. La section 4 examine, à travers la théorie de la Relation, le *bang* relativiste qui, par l'intermédiaire d'une transformation énergétique de Lorentz, libéra une énergie énorme tenue pour la source du puissant bruit radioélectrique découvert par les chercheurs de la NASA. Cette transformation énergétique de Lorentz aurait enclenché simultanément la formation des premières étoiles à partir des gaz denses et la réionisation des gaz neutres moins denses. À la section 5, on conclut que si on remplaçait l'hypothétique matière noire froide pour former les étoiles par une énorme libération d'énergie provenant d'un *bang* relativiste, cela correspondrait au vacarme des micro-ondes radio découvert par Arcade 2 et ce serait la bougie d'allumage allumant concomitamment la formation des étoiles massives et la réionisation cosmique.

2. PREMIÈRES ÉTOILES

L'un des grands problèmes concernant la formation des premières étoiles est le temps insuffisant pour que la matière stellaire arrive à se condenser dans un monde en expansion. Une fois accomplie la première phase lente du passage d'une homogénéité pure à d'infimes régions de surdensité, la deuxième phase devenait simple : les régions surdenses attirent vers elles la matière environnante par leur champ de gravité, les inhomogénéités primordiales se rapprochent, accroissant leur haute densité, et la puissance attractive produit un effet boule de neige. La contraction pouvait commencer après la recombinaison (380 000 années ; 3 000 K), avec une gravité capable de lutter contre le mouvement général d'expansion et la pression thermique, mais incapable de doubler la densité locale dans un délai suffisant qui aurait permis de réaliser les structures actuelles à grande échelle dans l'Univers.

Pour résoudre ce problème de trop peu de temps, les astronomes postulèrent l'existence d'une matière noire exotique, gravitationnelle, non neutralisée par les photons comme la matière ordinaire, ce qui aurait pour effet de condenser les poches exotiques de surdensité sans perturber le processus isotherme. La matière ordinaire était ainsi attirée, ce qui accélérait la germination des étoiles et galaxies [8]. L'hypothèse admise est une matière noire froide; froide parce qu'elle est une particule lourde, lente, inconnue ; noire parce qu'elle ne peut être observée par le rayonnement électromagnétique.

Nous présumons que la matière noire était en petite quantité au début de l'expansion, s'accumula au fil du temps, devint celle observée aujourd'hui. La matière ordinaire était majoritaire, avec une matière noire chaude, tel le neutrino, incapable au début de jouer le rôle attribué à la matière noire froide [9]. D'emblée est exclue une matière noire froide et exotique en attente depuis le Big Bang d'être récupérée pour former les premières étoiles. Nous pensons que le Big Bang était relativiste et que c'est un *bang* relativiste peu de temps après la recombinaison qui contribua à libérer une gigantesque énergie de matière ordinaire qui refroidit l'expansion et procura au champ gravitationnel la masse nécessaire pour enclencher la contraction. Ce *bang* correspondrait à la découverte d'Arcade 2 et aurait permis conjointement la condensation des gaz primordiaux denses formant les premières étoiles et le début de la réionisation des gaz neutres moins denses.

Pour l'Univers actuel, cependant, la théorie de la Relation utilise le modèle CCDM (Compensation Cold Dark Matter) dans lequel la densité totale est égale à la densité de la matière ordinaire plus celle de la matière noire, mais inférieure à la densité critique. La différence entre la densité totale et celle de la matière ordinaire plus la matière noire est comblée tout au long du temps cosmologique par une onde d'espace-temps expansionniste qui transforme son énergie négative en énergie positive. Cette onde constitue l'énergie noire. Jusqu'à ce que la densité critique soit atteinte, ce processus pourrait être assimilé à une création continue de matière positive immédiatement condensée pour devenir de la matière ordinaire ou de la matière noire.

Les astronomes utilisent la cosmologie numérique qui simule la formation des galaxies et des amas de galaxies, et ils opèrent les mêmes approches numériques et physiques pour étudier les toutes premières structures formées après le Big Bang. La position dominante est que, dans un modèle plat de matière noire froide avec $\Omega \simeq 0.3$ en accord avec les observations récentes à l'échelle des grandes structures, les plus vieilles étoiles de la Voie lactée devraient s'être formées dans les premiers halos où le gaz fut en mesure de refroidir avec les hauts pics du champ de densité et de s'effondrer en atteignant les échelles de $\sim 10^7 M_\odot$, d'un *redshift* (z) ~ 20, ~ 200 millions d'années après le Big Bang [10]. La « masse de Jeans », masse minimale qu'une quantité de gaz doit avoir pour s'effondrer sous son poids, est proportionnelle au carré de la température du gaz et inversement proportionnelle à la racine carrée de sa pression [11]. Parce que les températures des premiers effondrements de gaz étaient presque 30 fois supérieures aux nuages moléculaires d'aujourd'hui, la « masse de Jeans » de la première étoile à se constituer en système aurait été près de 1 000 fois plus imposante [12]. La différenciation de la matière en galaxies et en étoiles aurait pu commencer quand une telle masse de Jeans fut obtenue et il semble clair que cela aurait formé les étoiles massives. Il y a plus de dix ans on étudia les premières simulations de formation des premiers objets afin de calculer l'élaboration de l'hydrogène moléculaire avec une résolution assez élevée pour identifier le site où le gaz refroidi se concentre pour former des étoiles. Ces simulations montrent qu'une fois que le gaz s'est refroidi suffisamment rapidement, il devient autogravitant et forme un flux de refroidissement dans le centre de halo (notons qu'en raison du taux rapide de fusionnement, il devrait souvent y avoir plusieurs « centres de halo » ou de pics de densité dans un même objet effondré). De toute évidence, le gaz refroidit plus rapidement au centre et s'effondre en premier. Au centre du flux en refroidissement, le nuage devient optiquement épais et pleinement moléculaire par des réactions à trois corps, en un court temps comparé à l'échelle du temps de l'évolution du halo, ce qui devrait provoquer un refroidissement rapide et l'effondrement du noyau central d'une masse de 100 à 1 000 $M_\odot$. Tant que la formation des étoiles ne dégage pas beaucoup d'énergie, le gaz va continuer de refroidir et de s'accumuler au centre, et une accrétion continue de gaz au fond du potentiel ne peut être arrêtée jusqu'à ce qu'une étoile suffisamment massive se forme pour chauffer et expulser le gaz autour d'elle. Les étoiles massives devraient éventuellement être formées d'abord au centre de ce flux de refroidissement. Il a été généralement admis que la population 111 des étoiles fut formée à z ~ 20 [10]. Les premiers amas de formation d'étoiles étaient beaucoup plus chauds que les nuages de gaz moléculaires dans lesquels la plupart des étoiles sont actuellement formées. Des grains de poussière et des molécules contenant des éléments lourds refroidissent beaucoup plus efficacement les nuages d'aujourd'hui à des températures d'environ seulement 10 kelvins. Par une fragmentation rapide sans éléments lourds et des champs magnétiques, peut-être les étoiles de faible masse ont-elles été formées au même moment que les premières étoiles massives [13]. Ces premières étoiles étaient probablement incapables de réioniser l'Univers, mais elles purent ioniser localement le milieu, et les nombreuses supernovæ eurent

l'important rôle de le polluer largement avec des éléments lourds, ce qui permit aux étoiles de la prochaine génération de se former plus facilement [14].

Cela dit sur la position dominante, le fait demeure que les experts du Département Américain de l'Énergie (DOE) SLAC National Accelerator Laboratory, l'Université de l'état du Michigan, l'Université Stanford ont récemment réussi à utiliser des modèles informatiques pour simuler la manière dont les premières étoiles doubles se sont formées très tôt dans l'Univers. En remontant aussi loin que 200 millions d'années après le Big Bang, le modèle révèle que les étoiles de la population 111 n'étaient pas aussi massives que ce qui avait été préalablement suggéré, et qu'originellement elles avaient dû difficilement être formées d'elles-mêmes en système d'étoiles [13].

D'autre part, les chercheurs utilisent de plus en plus la matière noire froide pour compenser la pénurie de matière ordinaire. Bien qu'il existe de nombreux paramètres inconnus, tels que la quantité et le type de matière noire formant la majeure partie de la masse de l'Univers, ils considèrent que la différenciation de la matière en galaxies et étoiles a commencé lorsque la « masse de Jeans » a été obtenue, aussi peu que ~ 30 millions d'années après le Big Bang correspondant à $z \sim 65$ [11]. La température cosmique était suffisamment basse pour que les électrons fussent capturés dans les atomes et que la gravitation surmontât l'énorme pression de la matière et le rayonnement associé [16]. À cette époque, les régions de surdensité contenaient environ $10^5\ M_{\odot}$ et la Population 111 d'étoiles massives pourrait avoir été conçue.

Conséquemment, il existe actuellement un certain nombre de prétendants pour une théorie expliquant l'origine des galaxies et la structure à grande échelle de l'Univers, mais aucun modèle ne peut convenir à toutes les données d'observation avec les calculs théoriques sur la distribution de la matière suite à l'action de la pesanteur sur les mini-fluctuations primordiales de densité. Notre hypothèse est que ce manque est comblé par une énorme quantité de matière-énergie suscitée par un événement cosmologique relié à la découverte d'Arcade 2.

La NASA estime que le spectre de puissance de bruit radio, à un niveau estimé six fois plus élevé que les émissions combinées de radio de toutes les sources radio connues dans l'Univers, est conforme à celui produit par les radiogalaxies à travers les particules chargées qui « spiralent » dans un champ magnétique, qui émettent du bruit radio par émission synchrotron. Ce bruit intense de micro-ondes radio n'est pas accompagné par une émission infrarouge thermique comme dans le cas bien connu des galaxies radio, mais par un bruit radioélectrique d'émission *Bremsstrahlung*, qui est causé par le ralentissement de particules relativistes électriquement chargées lors de collisions. Les chercheurs sont convaincus que la source du bruit ne correspond à aucun modèle connu à partir de sources dans la Voie lactée et ne provient pas de galaxies lointaines ou de particules de matière noire exotique en décomposition.

Notre approche est que les éléments et les caractéristiques énoncés ci-dessus sont également compatibles avec un surplus d'énergie à partir d'une transformation énergétique de Lorentz appartenant au Big Bang relativiste. Après la recombinaison, un *bang* relativiste aurait insufflé une énergie colossale dépassant l'énergie positive déjà existante. Il s'agit d'un rayonnement électromagnétique avec des particules chargées électriquement. La gravité resserra les lignes de champ magnétique lorsqu'il joignit les gaz existants. Ces nouvelles particules ionisées, qui se déplacent avec des vitesses relativistes à travers ces lignes, sont à la fois ralenties par la collision avec les particules initiales et accélérées par les lignes magnétiques, produisant ainsi l'émission synchrotron.

Notons que l'expansion peu après le Big Bang était à la vitesse de la lumière et diminua très lentement au début. Le terme *bang* signifie une émanation d'énergie cinétique en raison d'une brusque décélération sous *c*, obéissant à la transformation de Lorentz. Cette libération d'énergie issue d'un bang relativiste devient un candidat plausible pour la source radio de l'étrange bruit.

3. RÉIONISATION

Nous suggérons que la lumière ultraviolette et les champs magnétiques associés à cette source déclenchèrent non seulement la formation des premières étoiles, mais attaquèrent aussi les gaz primordiaux peu denses autour d'elles, engageant ainsi un changement de l'état physique de l'Univers, d'un état neutre vers un état ionisé.

Après le Big Bang, le gaz était chaud et ionisé. L'Univers refroidit en s'élargissant, les électrons furent capturés par les ions, les rendant atomes neutres d'hydrogène et d'hélium au moment de la recombinaison. Le CMB suivit, la transparence remplaça l'opacité, et les photons dispersèrent les charges libres non liées aux atomes [17]. L'observation des galaxies aujourd'hui semble indiquer que la grande partie du volume intergalactique (IGM) est constituée de matière ionisée (puisqu'il y a peu de raies d'absorption dues à des atomes d'hydrogène). L'espace contient maintenant de vastes régions d'hydrogène ionisé, désignées HII. Cela implique une période de réionisation au cours de laquelle une partie de la matière de l'Univers était morcelée en ions d'hydrogène.

L'Univers passa d'ionisé à neutre et redevint ionisé. Dans un Univers ionisé, les particules chargées ont été libérées des atomes neutres par des rayonnements ionisants. Les astronomes espèrent apprendre où l'hydrogène neutre s'était accumulé au fil du temps et quand il revint à sa forme ionisée [18]. Ils pensèrent d'abord que le gaz neutre dans le milieu intergalactique avait été réionisé lorsqu'il avait été chauffé par le rayonnement des premières étoiles, des galaxies et des quasars, environ 1 milliard d'années après le Big Bang. Mais en 2001, un groupe d'astronomes dirigé par Robert H. Becker de l'Université de Californie a détecté vers $z \sim 6$ des signes possibles de la phase finale de la réionisation cosmique. Dans le spectre de l'un des quasars les plus éloignés connus ($z \sim 6.28$), datant d'environ 900 millions d'années après le Big Bang, ils trouvèrent une marque révélatrice de gaz neutre : toute la lumière ultraviolette a été absorbée par des atomes d'hydrogène dans l'arrière-plan ionisant de la ligne de mire de ce quasar à haut redshift. Les quasars légèrement plus rapprochés de nous ($z \sim 5$) ne montrent pas une telle complète absorption. Ces trouvailles suggèrent que les dernières plaques de gaz neutre d'hydrogène étaient déjà ionisées à cette époque [19].

Nouveau tournant en 2003. Les enquêteurs sur le Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) annoncèrent que la réionisation des gaz intergalactiques de l'Univers s'était probablement produite environ 200 millions d'années après le Big Bang [17]. Ils pensèrent que si l'IGM avait été ionisé lorsque l'Univers était encore très dense, deux effets principaux en auraient découlé. D'abord, une réionisation précoce aurait effacé les anisotropies à petite échelle. Ensuite, les photons diffusés par des électrons libres (diffusion Thomson) auraient induit des anisotropies de polarisation sur de grandes échelles angulaires corrélées avec la perturbation de température sur les grands angles. Ces deux effets, qui modifient le CMB et apportent une anisotropie secondaire, ont été observés par le satellite WMAP, étayant la preuve que l'Univers a été ionisé très tôt, à un redshift dépassant 17. WMAP a réduit l'apparition de la réionisation entre 100-200 millions d'années ($z \sim 30\text{-}20$) et 400-500 millions

d'années (z ~ 11-10) après le Big Bang, mais n'a pas pu suivre le processus sur une période de temps plus prolongée [20].

Les mesures du degré de polarisation du fond diffus cosmologique par le satellite WMAP indiquent que l'Univers fut réionisé beaucoup plus tôt, au lieu des 900 millions d'années suggérées par l'observation des quasars. Ces résultats pourraient indiquer les deux extrémités de la période de réionisation : celle du début, autour de 100 millions d'années après le Big Bang, et la fin, il y a environ 900 millions d'années. L'apparente contradiction entre les résultats de WMAP et ceux des quasars reste « un authentique grand puzzle, et nul ne connaît le mécanisme physique pouvant expliquer une histoire de réionisation aussi prolongée » [18].

Notre hypothèse est que cette histoire interminable de réionisation a d'abord été provoquée par un formidable déferlement d'énergie émis à partir d'un *bang* relativiste après la recombinaison, ce qui donna à la matière l'énergie supplémentaire nécessaire pour démarrer conjointement la condensation des gaz dense et la réionisation des gaz les plus faibles.

4. THÉORIE DE LA RELATION ET EXPANSION RELATIVISTE

Le rayonnement cosmique détecté par Arcade 2 constitue, dans le cadre de la théorie de la Relation, un vestige de l'énorme libération d'énergie primitive provoquée par un *bang* relativiste aux environs de 100 millions d'années, coïncidant avec la formation des premières étoiles et la réionisation des gaz neutres. Suivirent ultérieurement des libérations plus modérées d'énergie par la voie de la transformation de Lorentz. Nous estimons qu'à cette époque, le proton avait une vitesse de ~ 298 100 000 m/s et une énergie ~ 10^{10} eV, ce qui est environ 10 fois sa masse. (Cette évaluation est plus grande que l'estimation actuelle. La théorie de la Relation considère que jusqu'à environ 5 ans après le Big Bang, la vitesse de l'expansion aurait été très près de la vitesse de la lumière et qu'un hypothétique proton au temps de Planck contiendrait plus d'énergie cinétique qu'un estimatif ~ 10^{25} eV basé sur la masse de Planck.)

4,1 *Au moins quatre CBR*

Il pourrait y avoir au moins quatre CBR, ou « statiques cosmiques », qui sont des résidus d'énergie provenant de l'Univers primordial [21]. Le premier prendrait sa source dans les événements liés à la matière et l'antimatière, qui ont eu lieu durant les premières microsecondes après le Big Bang. Au temps de Planck, il y eut une brisure spontanée de symétrie produisant des flux de graviton ou des ondes gravitationnelles. La théorie du Big Bang standard prévoit le second : l'existence d'un rayonnement fossile de neutrinos cosmiques à environ 10^{-4} sec [17]. Le troisième CBR, appelé CMB, est le fond diffus cosmologique découvert par Penzias et Wilson en 1964. Les micro-ondes viendraient d'une époque où l'Univers était un chaud, un plasma dense – mélange de particules subatomiques mouvantes et de lumière. Comme l'Univers en expansion se refroidit, matière et rayonnement découplent environ 380 000 ans après le Big Bang. À ce moment, les photons sont libres de voyager à travers l'espace pour le reste de l'histoire cosmique. Envahissant tous les secteurs du ciel, dans tous les sens, le CMB est un lien direct avec le Big Bang.

Même si cette découverte lança l'ère de la cosmologie moderne, cela n'empêche pas l'étude de l'Univers primordial d'être entravée par un manque d'observations directes. Les

astronomes n'ont pas d'observations de l'époque entre l'astronomie des quasars avec $z \sim 6$ – un milliard d'années après le Big Bang – et l'astronomie CMB avec $z \sim 1\,000$ – quelques centaines de milliers d'années après le Big Bang. Nous présumons que le bruit cosmique radioélectrique d'Arcade 2 est un vestige de ce passé lointain évoqué par les cosmologistes pour être l'Âge Noir [18]. Avant d'examiner l'effet de cet événement sur la formation des étoiles primordiales et la réionisation, voyons d'abord notre conception du Big Bang à travers le cadre de la théorie de la Relation.

4,2 *Le Big Bang vu par la théorie de la Relation*

La théorie du Big Bang est devenue le modèle standard de l'histoire de l'Univers et repose sur l'observation de l'Univers en expansion. Au début de l'époque cosmique, on imagine une soupe super-compressée et super-chaude. Il y avait alors une symétrie thermodynamique, aucune entropie, tout était énergie, mouvement à la vitesse de la lumière. L'énergie provenant du *Big Crunch* d'un pré-Big Bang était négative par rapport à l'énergie positive de notre Big Bang. Cela signifie que la matière-énergie négative du pré-Univers s'est transformée en matière-énergie positive de l'Univers actuel. Cette transformation s'est faite très rapidement, presque instantanément, au cours de l'Univers primordial. Avec le refroidissement et la diminution du taux d'expansion, la transformation de la matière-énergie négative en matière-énergie ordinaire positive est devenue plus lente et plus faible. Cela continue encore aujourd'hui.

Au temps de Planck, il y eut une symétrie brisée, un *déséquilibre thermodynamique*, un début d'entropie, un passage de la vitesse de certaines particules sous c, et la création de deux structures agissant comme s'il y avait une *séparation étanche* entre les deux. C'est aussi la séparation de la gravité d'une superforce fusionnant les quatre forces connues de la nature. Il s'agit d'une gravité quantique, séparée de la force forte-électrofaible. Nous pouvons dire que la « charge » de la gravité quantique commence à diminuer à cette longueur d'espace, à l'inverse de la « charge » de la gravitation classique qui commence à augmenter.

Nous avons vu que notre Univers est constitué de deux structures complémentaires et interpénétrées, condensation et expansion [22]. Depuis le Big Bang, la structure des EM de l'expansion diminue, transférant son énergie à la structure gravitationnelle positive et croissante de la condensation, obéissant ainsi au principe de Compensation. Une continuelle annihilation de l'énergie-masse négative est transformée en une continuelle création d'énergie-masse positive par l'intermédiaire du mécanisme Dirac-Higgs. La première structure de condensation représente la solution positive de l'équation de l'énergie de Dirac, tandis que la structure de l'expansion exprime la solution négative. La structure de l'expansion étant relativiste, on peut dire que le Big Bang est relativiste. L'idée fondamentale est que l'Univers primordial, chaud, dense, compact commença à se développer avec une énorme énergie-matière à la vitesse de la lumière ($v = c$)

$$1 - v^2 / c^2 = 0 \qquad (1).$$

Au temps de Planck, l'expansion subit une brisure de symétrie, le refroidissement ayant provoqué une violente phase de déséquilibre thermodynamique. La vitesse de la matière négative devint plus petite que c

$$1 - v^2 / c^2 \neq 0 \qquad (2),$$

ce qui aurait provoqué une sorte de frottement, tel un satellite pénétrant dans l'atmosphère, apportant un réchauffement de l'Univers capable de créer une énorme quantité de fermions et de bosons. Avec ce déséquilibre thermique de la nature, c'est « l'énergie qui se transforme en matière » (nous dirions plutôt : « l'énergie négative qui est transformée en matière positive »), et non l'inverse. Il s'agit de la *transformation énergétique de Lorentz*. L'histoire de notre Univers est avant tout une constante conversion d'énergie en matière.

L'énergie-matière négative, dans la théorie de la Relation, est habituellement appelée énergie noire. Dans le sens général, c'est une énergie négative EM contenant bosons et fermions qui seront convertis en une matière-énergie positive. Les bosons négatifs perdront de l'énergie (non leur vitesse) au taux de croissance de l'espace-temps. Cette lumière fatiguée, dans un sens restreint, peut être assimilée à l'énergie de l'expansion, à la constante cosmologique, à l'onde électromagnétique négative de l'espace-temps ou à l'énergie noire. Les photons d'énergie négative sont transformés en photons d'énergie positive, en vertu du principe de Compensation, devenant ainsi des photons massifs dans l'espace-temps gravifique d'Einstein [23]. Elle génère également la matière noire chaude qui est une forme de lumière avec des particules massives, comme les neutrinos massifs ou l'hypothétique axion.

4,3 *Le proton relativiste*

La vitesse d'expansion des fermions négatifs converge de *c* vers une vitesse nulle. Lorsqu'ils sont convertis en fermions positifs, ils acquièrent de l'inertie, c'est-à-dire résistance au mouvement ou masse. Nous pouvons dire qu'ils sont la matière ordinaire, principalement des protons, du présent espace-temps riemannien d'Einstein.

Dans l'Univers en formation, nous imaginons des protons relativistes (constitués de quarks) d'une masse « contenu d'énergie positive » énormément plus grande que la masse au repos du proton. Avant de devenir une matière positive, c'était une particule pleine d'énergie cinétique négative stockée dans une masse « contenu d'énergie négative ». Vitesse et énergie sont liées [24]. La vitesse v de la « transformation énergétique de Lorentz » implique à la fois la vitesse de la matière (galaxies) et l'énergie des particules qui commande la possibilité et la nature des réactions. La croissance de l'espace-temps et le refroidissement eurent l'effet de leur faire perdre de l'énergie, comme si leur masse relativiste était érodée plus rapidement à chaque faible ralentissement. Le proton relativiste eut à perdre son excédent d'énergie négative au taux de diminution de la vitesse d'expansion de l'Univers. Ainsi, le proton primitif, avec v avoisinant c , est un proton d'ultra-haute énergie cinétique négative,

$$M_{OP} \,/\, (1- v^2/c^2)^{1/2} = M_{VP} = M_{OP} + \Delta M_P \qquad (3)$$

(M_{OP}: *masse au repos du proton* ; M_{VP}: *masse relativiste du proton* ; ΔMp : *l'énergie cinétique du proton ; v est la vitesse de la particule*),

dont l'énergie perdue ($v < c$) se convertit en proton d'ultra-haute énergie cinétique positive. Ce dernier a une masse cumulative et forme les galaxies. Le proton négatif (et son antiproton d'énergie négative) émerge de l'énergie noire, ou énergie négative, destinée à être transformée en énergie positive, via le mécanisme de Higgs-Dirac et l'équivalence masse-énergie. Le Big Bang relativiste n'a nullement besoin de l'hypothèse d'une matière noire froide exotique au cours de l'Univers primordial.

Les protons positifs relativistes à ultra-haute énergie provenant de l'événement détecté par Arcade 2 auraient contribué à façonner les galaxies et à réioniser très tôt le gaz primordial. Ils constituent également le gaz intergalactique actuel et apportent la plupart des particules d'ultra-haute énergie cosmique qui pleuvent sur la Terre de toutes les régions du ciel. Ils constituent une matière ordinaire froide, car ils sont plutôt lourds, relativistes et électromagnétiques.

4,4 *Effets de la transformation de Lorentz de l'énergie*

Dans l'Univers primordial, la variation de la masse-énergie, conformément à de légères diminutions de sa vitesse élevée, entraîne une libération colossale d'énergie. Pour un petit ralentissement de l'expansion, il y eut une inflation démesurée de libération d'énergie négative, aussitôt transformée en énergie positive. Après la recombinaison, parce qu'il n'y avait pas de gros objets lumineux pour troubler la soupe primordiale, le rayonnement a dû rester lisse et sans relief durant des millions d'années. Comme le cosmos gonflait, le rayonnement cosmologique décalait vers le rouge avec des longueurs d'onde plus longues et l'Univers devint de plus en plus froid et sombre [16]. Nous imaginons que l'énergie considérable révélée par Arcade 2 est une transformation énergétique de Lorentz durant la période postérieure à l'émission du CMB, qui entraîne deux effets.

Premièrement, elle engendre un premier système de formation d'étoiles à partir des gaz denses. La transformation d'une énergie négative en énergie positive en passant par la transformation énergétique de Lorentz provoque une profonde déflation de l'énergie négative et une inflation équivalente en énergie positive. Tandis que, globalement, la déflation signifie que le rayonnement de l'onde électromagnétique négative d'espace-temps est décalé vers le rouge des basses fréquences et que le cosmos est devenu de plus en plus froid et sombre, l'inflation signifie que le rayonnement perdu se transforme du même coup en énergie positive. L'énergie nouvelle se joint à la matière lisse et sans relief, des nuages de gaz primordiaux se forment aux nœuds d'un réseau filamenteux à petite échelle, et ils commencent à se contracter localement en raison des excédents gravitationnels. La compression chauffe les gaz à des températures supérieures à 1 000 K. Certains atomes d'hydrogène font la paire dans le gaz dense, chaud, créant des traces d'hydrogène moléculaire. Les molécules d'hydrogène commencent alors à refroidir les parties les plus denses du gaz en émettant un rayonnement infrarouge après leur entrée en collision avec des atomes d'hydrogène. La température dans ces régions tombe à 200 ou 300 K, réduit la pression du gaz, ce qui leur permet de se contracter en amas liés gravitationnellement. Ce refroidissement joue un rôle essentiel en permettant à la matière ordinaire dense dans le système primordial de se séparer de la matière ordinaire moins dense, ainsi que de ces étranges particules de matière noire qui n'émettent pas de radiations ou ne perdent pas d'énergie. L'hydrogène refroidi finit en une configuration aplatie en rotation, massive et filamenteuse, modelée comme un disque. Le système de formation d'étoiles en vient à ressembler à une galaxie en miniature, avec un disque de matière ordinaire et un halo de matière noire. À l'intérieur du disque, les surdensités du gaz primordial continuent à se contracter, et, éventuellement, certaines d'entre elles subiraient un effondrement débridé et deviendraient des étoiles. Les premières étaient des étoiles massives qui auraient brûlé leur carburant à l'intérieur de quelques dizaines de millions d'années et auraient explosé comme une supernova du type gravitationnel ou thermonucléaire. L'onde de choc de ces supernovæ auraient créé un vent gazeux qui a évacué les gaz hors du halo avoisinant [25, 26]. L'explosion massive de la supernova annule toute formation d'étoiles proches mais, par contre, les gaz expulsés en expansion amorcent la formation d'étoiles

lointaines. Les éléments de base des étoiles étaient principalement des halos de matière ordinaire plutôt que des halos de matière noire.

Note : Tel que mentionné précédemment, le halo de matière noire était moins gravitationnel aux premiers temps. Le meilleur candidat semble être le neutrino massif qui n'interagit pas avec les forces électromagnétique et forte. Ces neutrinos se sont accumulés avec le temps et semblent correspondre à certaines particules massives sans charge et sans champ magnétique qui interagissent faiblement (WIMP). Ils formeraient les filaments de matière noire observés à l'échelle des amas de galaxies entre les vides du vacuum. Nous prévoyons une particule baptisée *tiaxion*, émise par la lumière cosmologique fatiguée et qui aurait certaines caractéristiques des supposés axions. Les tiaxions auraient été produits par des photons primordiaux dépouillés de leur énergie cinétique lors du ralentissement de l'expansion. Générés lors du Big Bang, ils étaient abondants, avec une énergie cinétique considérable, et avaient une masse nulle dans le plasma primordial. Ils continuèrent d'être produits durant l'expansion, acquirent une masse et devinrent de plus en plus massifs à faible température. À côté de cette matière noire chaude, une hypothèse supplémentaire serait un état intermédiaire entre les énergies négatives et positives, incubateur de la matière baryonique noire froide. Les machos (trous noirs, étoiles à neutrons, naines blanches, les objets non lumineux) pourraient constituer cette matière noire froide. Cela noté, la seule certitude actuellement sur la matière noire est l'incertitude totale.

En second lieu, la transformation énergétique de Lorentz amorça la réionisation des gaz dilués, simultanément avec la contraction des gaz denses. Le *bang* relativiste concerne l'émission de baryons accompagnée d'un fort rayonnement de bosons. Les photons énergiques agissent sur les gaz neutres non assez denses pour subir une compression, dispersent les charges libres, tels les électrons de l'hydrogène neutre et des atomes d'hélium. Ces particules chargées, libérées par le rayonnement ultraviolet, ont aujourd'hui une densité suffisamment faible dans la plupart du volume de l'Univers. Les baryons, comme les protons, imprègnent les gaz extragalactiques et sont considérés comme l'une des principales sources des rayons cosmiques d'ultra-haute énergie.

5. CONCLUSION

Certaines galaxies et des quasars fortement brillants datant d'un milliard d'années après le Big Bang ont été observés, aussi les premières étoiles ont dû se former un peu plus tôt. Des simulations sur ordinateur montrent alors que les premières étoiles formées étaient massives – entre 30 et 300 masses solaires, avec de l'hydrogène et des noyaux d'hélium. Il s'agit de la première génération d'étoiles gigantesques ayant des températures extrêmement élevées, émettant principalement de la lumière ultraviolette, brûlant avec éclat, vivant rapidement, et se consumant très jeune – après un cycle de vie d'environ seulement 3 millions d'années. Les astronomes notèrent, sur la base des inhomogénéités observées dans le rayonnement fossile, qu'entre la recombinaison (~ 3 000 K) avec une expansion presque à la vitesse de la lumière et aujourd'hui (3 K), une quantité de matière manque pour permettre à la gravitation d'ensemencer des étoiles. Pour enclencher un processus d'accélération destinée à former rapidement les premières étoiles, les astronomes imaginèrent que la matière noire, qui agit gravitationnellement sur les galaxies d'aujourd'hui, aurait été présente dès le début de l'Univers, fournissant ainsi la matière manquante nécessaire pour une rapide contraction de gaz sans perturbation du processus isotherme. Contrairement à cette hypothèse actuellement retenue, nous croyons que la masse de ces halos de matière noire gravitationnelle fut faible au début et augmenta graduellement avec le temps. Et que, si on remplace cette hypothétique matière noire froide du début par une libération énorme d'énergie provenant d'un *bang* relativiste à l'aube de l'âge sombre, ~100 millions d'années, ce surplus d'énergie aurait engendré et condensé de lourds nuages au coeur des gaz faiblement liés et des halos de matière noire, et ainsi formé des grappes d'étoiles massives sans métaux. La réionisation aurait aussi commencée avec ce surplus de rayonnement énergétique qui aurait vaincu et ionisé les atomes d'hydrogène neutres dans le voisinage des nuages de gaz denses, taillant une bulle croissante de gaz ionisé autour de chacun d'eux. Sans avoir préalablement besoin d'étoiles super-massives, la cause actuellement retenue. La réionisation des gaz neutres par les radiations des premières supernovæ, les trous noirs et la disparition rapide des premières étoiles massives, se serait ajoutée plus tard.

En totale contradiction avec la compréhension cosmologique actuelle, nous postulons l'existence d'une énergie noire émanant d'un Big Bang relativiste qui, sous l'aspect d'une onde électromagnétique expansive, transforme son énergie négative en matière positive. L'onde radio détectée par l'antenne radio Arcade 2 révélerait un autre « statique cosmique » résultant de l'Univers primordial chaud. Ce résidu bruyant d'énergie découlerait d'une énorme libération d'énergie issue d'un *bang* relativiste après la recombinaison, en passant par une transformation énergétique de Lorentz. Cette énergie aurait suractivé les surdensités locales, permettant la contraction des gaz pour la fabrication des premières étoiles et l'ionisation des gaz neutres peu denses. Donc, si le signal détecté à travers les émissions radio extragalactiques par les chercheurs d'Arcade 2 est réel et véritable, cela signifie la découverte d'un second fond de rayonnement qui s'explique dans le cadre conceptuel de la théorie de la Relation.

Références

[1] Science & Vie, No 1099, *Rayonnement fossile,* Anne Orliac, p. 96 (avr. 2009).

[2] A. Kogut et al, *ARCADE : Absolute radiometer for cosmology, astrophysics, and diffuse emission*, arXiv:astro-ph/0609373 (2006).

[3] J. Singal et al, *The Arcade 2 Instrument,* astro-ph > arXiv:0901.0546 v1 (2009).

[4] A. Kogut et al, *Arcade 2 Observations of Galactic Radio Emission,* astro-ph > arXiv:0901.0562 v1 (2009).

[5] D.J. Fixsen et al, *Arcade 2 Measurement of the Extra-Galactic sky Temperature at 3-90 GHz* astro-ph > arXiv:0901.0555 v1 (2009).

[6] Dennis Overbye, *Theory Ties Radio Signal to Universe's First Stars,* New York Times, Space & Cosmos (2009/01/08).

[7] M. Seiffert et al, *Interpretation of the Extragalactic Radio Background*, astro-ph > arxiv.org/abs/0901.0559 v1 (2009).

[8] Trinh Xuan Thuan, *Origines*, Gallimard, Folio essais, p. 91 & 111 (2006).

[9] Theo M. Nieuwenhuizen, *Do non-relativistic neutrinos constitute the dark matter ?* arXiv: 0812.4552 v2 [astro-ph] Jun (2009).

[10] Naoki Yoshida, Kazuyuki Omukai, Lars Hernquist, *Formation of Massive Primordial Stars in a Reionized Gas,* The Astrophysical Journal Letters, *ApJ* 667 L117-L120 doi : 10.1086/522202 (2007).

[11] Jordi Miralda-Escudé, *The First Stars : Where did they form ?* arXiv:astro-ph/9911214 v2 (1999).

[12] Michael A. Dopita, *Star Formation Through Cosmic Time*, Research School of Astronomy & Astrophysics, Australian National University (2007).

[13] Tudor Vieru, *The First Stars Were in Binary Systems Simulations reveal the oldest stars in the Universe,* Softpedia Space (2009).

[14] Smadar Naoz, Shay Noter, Rennan Barkana, *The First Stars in the Universe*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters, 373, 98 (2006)

[15] Steven Weinberg, *The First Three Minutes*, Basic Books, p.73-74, (1977).

[16] Richard B. Larson, Volker Bromm, *The First Star in the Universe*, American Scientific, Vol. 14, No 4, p. 4 (2004).

[17] Wikipedia.org, *Cosmic microwave background,* http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_ microwave_background_radiation.

[18] Ray Jayawardhana, *In search of the first stars Astronomy Cosmos*, ISBN 0-89024-693-9, p. 18, 22 (2006).

[19] Robert H. Becker et al, *Evidence for Reionization at z ~ 6: Detection of a Gunn-Peterson Trough in a z = 6.28 Quasar*, The Astronomical Journal 122 2850-2857, doi : 10.1086/324231 (2001).

[20] D. N. Spergel et al, *First Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations : Determination of Cosmological Parameters*, arXiv:astro-ph/0302209 v3 (2003).

[21] Russell Bagdoo, *The Pioneer Effect : a new Theory with a new Principle*, Sciprint, Scribd (2008).

[22] E. Schrödinger, *Space-time Structure,* Cambridge University Press, 1 (1950).

[23] Yves Chelet, *L'énergie Nucléaire,* Édition du Seuil, 95-99 (1961).

[25] Masaru Sukuma, Hajime Susa, *Feedback effects of first Supernovae on the Neighboring Dark Matter Halos*, arXiv:0904.2355 v1 (2009).

[26] H. Catchpole, *First supernovae blew early galaxies apart*, Space & Cosmology (03/06/2009).